

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 417 907**

51 Int. Cl.:

F03D 11/02 (2006.01)

F16H 57/023 (2012.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.06.2011 E 11169118 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.05.2013 EP 2397691**

54 Título: **Tren de engranajes, turbina eólica que incorpora tal tren de engranajes y procedimiento de mantenimiento de una turbina eólica**

30 Prioridad:

15.06.2010 US 815910

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

09.08.2013

73 Titular/es:

**GENERAL ELECTRIC COMPANY (100.0%)
1 River Road
Schenectady, NY 12345, US**

72 Inventor/es:

**MASHUE, AARON JOHN;
MOORE, BRADLEY GRAHAM y
GOODWIN, KURT**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 417 907 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Tren de engranajes, turbina eólica que incorpora tal tren de engranajes y procedimiento de mantenimiento de una turbina eólica

5 La presente divulgación versa, en general, acerca de un tren de engranajes y, más en particular, acerca de un tren de engranajes que puede ser usado, por ejemplo, para cambiar el paso de una pala de un rotor de una turbina eólica, acerca de una turbina eólica que incorpora tal tren de engranajes y acerca de un procedimiento de mantenimiento de una turbina eólica.

10 Las turbinas eólicas han recibido mayor atención como fuente de energía alternativa medioambientalmente segura y relativamente económica. Con este creciente interés, se han realizado esfuerzos considerables por desarrollar turbinas eólicas que sean fiables y eficientes.

15 Generalmente, una turbina eólica incluye un rotor que comprende un cubo y una pluralidad de palas montadas en el cubo. Las palas de rotor transforman la energía del viento en un par rotativo o fuerza que impulsa un generador. Normalmente, el rotor está acoplado al generador a través de una transmisión, que normalmente incluye, entre otras cosas, una caja de engranajes. La caja de engranajes aumenta la velocidad de rotación inherentemente baja del rotor para que el generador convierta eficientemente la energía mecánica en energía eléctrica, que es introducida en una red de distribución de energía eléctrica. La caja de engranajes, el generador y otros componentes relacionados se montan normalmente dentro de un alojamiento o góndola, que está colocado encima de un armazón o una torre tubular.

20 Algunas turbinas eólicas emplean una unidad de transmisión de paso para cambiar o regular un ángulo de paso de cada pala. El ángulo de paso es un ángulo que determina la orientación de una pala en torno a su eje de paso. En tal configuración, cada pala está unida al cubo por medio de un rodamiento que normalmente incluye un anillo interior de rodadura y un anillo exterior de rodadura. Más específicamente, el anillo exterior de rodadura está normalmente unido de forma liberable al cubo, y el anillo interior de rodadura es una corona dentada que normalmente está unida de forma liberable a una pala respectiva, de modo que la pala es susceptible de giro con respecto a su eje de paso y al cubo. La unidad de transmisión de paso incluye un engranaje o piñón de transmisión que engrana con la corona dentada, y un motor para impulsar el engranaje de transmisión. Normalmente, el motor está soportado por el cubo. El documento EP 1 788 234 es la técnica anterior más cercana para las reivindicaciones 1 y 7. El documento EP 2 345 749 es técnica anterior en el sentido del Artículo 54(3) de la EPC.

30 En las turbinas eólicas existentes, el engranaje de transmisión es más duro que el rodamiento de paso. Es decir, el engranaje de transmisión tiene una dureza que es mayor que la dureza de la corona dentada del rodamiento de paso. En consecuencia la corona dentada es la sufridera, que se desgasta primero y precisa ser sustituida cuando la corona dentada alcanza su vida operativa prevista. Sustituir la corona dentada requiere normalmente desconectar el rotor de la transmisión y usar una grúa relativamente grande, asentada en tierra firme o asentada en un navío, para hacer descender el rotor desde la parte superior de la torre. Después, en el suelo, se quita la pala y se sustituye el rodamiento relevante de paso. Hacen falta grúas relativamente grandes, porque los rotores pueden ser muy grandes y pesados: las turbinas eólicas diseñadas para proporcionar electricidad a una red de distribución de energía eléctrica, por ejemplo, pueden tener rotores de 30 metros de diámetro o más. Este enfoque lleva mucho tiempo, es relativamente complicado y resulta caro.

40 En consecuencia, sería deseable proporcionar un tren de engranajes, una turbina eólica que incorpore tal tren de engranajes y un procedimiento de mantenimiento de una turbina eólica que aborden al menos algunos de los problemas identificados en lo que antecede.

Según se describen en el presente documento, las realizaciones ejemplares abordan una o más de las desventajas anteriores y otras conocidas en la técnica.

45 Un aspecto de las realizaciones ejemplares está relacionado con un tren de engranajes que incluye un rodamiento que incluye un anillo interior de rodadura y un anillo exterior de rodadura, siendo uno del anillo interior de rodadura y del anillo exterior de rodadura una corona dentada que incluye una pluralidad de primeros dientes que tienen una primera dureza; y un piñón susceptible de engranar con la corona dentada, y que incluye una pluralidad de segundos dientes que tienen una segunda dureza. La segunda dureza no es mayor que la primera dureza.

50 Otro aspecto de las realizaciones ejemplares está relacionado con una turbina eólica que incluye un primer componente; un segundo componente; un rodamiento que incluye un anillo interior de rodadura y un anillo exterior de rodadura, siendo uno del anillo interior de rodadura y del anillo exterior de rodadura una corona dentada conectada a uno del primer componente y del segundo componente, incluyendo la corona dentada una pluralidad de primeros dientes que tienen una primera dureza, estando conectado el otro del anillo interior de rodadura y del anillo exterior de rodadura al otro del primer componente y del segundo componente; y una unidad de transmisión dispuesta de forma estacionaria con respecto al otro del primer componente y del segundo componente, comprendiendo la unidad de transmisión un engranaje de transmisión que engrana con la corona dentada e incluye

una pluralidad de segundos dientes que tienen una segunda dureza. La segunda dureza no es mayor que la primera dureza.

Un aspecto adicional de las realizaciones ejemplares está relacionado con un procedimiento de mantenimiento de una turbina eólica. La turbina eólica incluye un primer componente; un segundo componente; un rodamiento que incluye un anillo interior de rodadura y un anillo exterior de rodadura, siendo uno del anillo interior de rodadura y del anillo exterior de rodadura una corona dentada conectada a uno del primer componente y del segundo componente, y que incluye una pluralidad de primeros dientes que tienen una primera dureza, estando conectado el otro del anillo interior de rodadura y del anillo exterior de rodadura al otro del primer componente y del segundo componente; y una unidad de transmisión dispuesta de forma estacionaria con respecto al otro del primer componente y del segundo componente, comprendiendo la unidad de transmisión un engranaje de transmisión que engrana con la corona dentada e incluye una pluralidad de segundos dientes que tienen una segunda dureza mayor que la primera dureza. El procedimiento incluye la sustitución del engranaje de transmisión con un engranaje de transmisión de sustitución que comprende terceros dientes que tienen una tercera dureza no mayor que la primera dureza cuando los primeros dientes de la corona dentada alcanzan un porcentaje predeterminado de su vida operativa prevista.

Diversos aspectos y ventajas de las realizaciones ejemplares se harán evidentes a partir de la descripción detallada siguiente considerada en conjunto con los dibujos adjuntos. Sin embargo, ha de entenderse que los dibujos están diseñados únicamente con fines de ilustración y no como definición de los límites de la invención, para lo cual debería hacerse referencia a las reivindicaciones adjuntas. Además, los dibujos no están dibujados necesariamente a escala y, a no ser que se indique algo distinto, están concebidos meramente para ilustrar conceptualmente las estructuras y los procedimientos descritos en el presente documento. Además, podrían usarse cualquier tamaño, cualquier forma o cualquier tipo adecuados de elementos o materiales.

En los dibujos:

la Fig. 1 es una vista lateral en alzado de una turbina eólica que incorpora aspectos de la presente divulgación;

la Fig. 2 es una vista parcialmente cortada en perspectiva del cubo y la góndola de la turbina eólica de la Fig. 1;

la Fig. 3 es una vista parcial aumentada en corte transversal del rodamiento de paso de la turbina eólica de la Fig. 2;

la Fig. 4 es una vista aumentada en perspectiva de la corona dentada y de la unidad de transmisión de paso de la turbina eólica de la Fig. 2; y

la Fig. 5 es una vista aumentada en corte transversal de la caja de engranajes y del engranaje de transmisión de la unidad de transmisión de paso de la Fig. 4.

La Fig. 1 ilustra una turbina eólica ejemplar 100 que incorpora aspectos de la presente divulgación. La turbina eólica 100 incluye una góndola 102 y un rotor 106. La góndola 102 es un alojamiento montado encima de una torre 104, solo una porción de la cual se muestra en la Fig. 1. La góndola 102 aloja un generador (no mostrado en la Fig. 1). La altura de la torre 104 se selecciona en función de factores y condiciones conocidos en la técnica, y puede extenderse a alturas de hasta 60 metros o más. La altura eólica 100 puede ser instalada sobre cualquier terreno que proporcione acceso a zonas que tengan condiciones eólicas deseable. El terreno puede variar muchísimo y puede incluir, sin limitación, terreno montañoso o mar adentro. El rotor 106 incluye una o más palas 108 de turbina unidas a un cubo giratorio 110. En esta realización ejemplar, el rotor 106 tiene tres palas 108 de turbina.

Con referencia ahora a la FIG. 2, la transmisión 111 de la turbina eólica 100 incluye un eje principal 116 de rotor (también conocido y denominado "eje de baja velocidad"), que está conectado al cubo 110 por medio de un rodamiento principal 130. En esta realización ejemplar no limitante, la transmisión 111 también incluye una caja 118 de engranajes, uno de cuyos extremos está conectado al eje 116 de baja velocidad y el otro de cuyos extremos está conectado a un eje 117 de alta velocidad. El eje 117 de alta velocidad, a su vez, está conectado a un generador 120, preferentemente por medio de un embrague 122. En otras realizaciones, el eje principal 116 del rotor puede estar conectado al generador 120 directamente sin una caja de engranajes.

La turbina eólica 100 también incluye un sistema 123 de regulación de la guiñada que puede ser usado para girar la góndola 102 sobre el eje A-A con respecto a la torre 104 para controlar la perspectiva del rotor 106 con respecto a la dirección del viento. En esta realización ejemplar no limitante, el sistema 123 de regulación de la guiñada incluye un puente 126 de guiñada fijado a la estructura principal 132 de la góndola 102, unidades 124 de transmisión de guiñada montadas en el puente 126 de guiñada para engarzar con la corona dentada 135 de un rodamiento 133 de guiñada por medio de respectivos engranajes 125 de transmisión. Tal como se conoce en la técnica, la góndola 102 está montada de forma giratoria sobre la torre 104 mediante el rodamiento 133 de guiñada. En la Fig. 2, el anillo exterior de rodadura del rodamiento 133 de guiñada es la corona dentada 135, que está unida a la torre 104, por ejemplo, por medio de una pluralidad de sujeciones tales como pernos; así mismo, el anillo interior de rodadura (no mostrado) del rodamiento 133 de guiñada está unido a la góndola 102, por ejemplo, por medio de una pluralidad de sujeciones tales como pernos. En la técnica se conocen la estructura del rodamiento 133 de guiñada y cómo se conectan su anillo exterior 135 de rodadura y su anillo interior de rodadura a la torre 104 y a la góndola 102,

respectivamente, y, por lo tanto, no se expondrán aquí con mayor detalle. Encima de la góndola 102 se proporciona un sensor, tal como una veleta 128 y/o un anemómetro para proporcionar a una unidad 112 de control de la turbina eólica 100 información relativa a la dirección y/o a la velocidad del viento.

Con referencia aún a las Figuras 1 y 2, cada pala 108 de turbina está unida al cubo 110 a través de un rodamiento 134 de paso. En la Fig. 2 se ilustra esquemáticamente un rodamiento 134 de paso. Según se muestra en la Fig. 3 y se conoce en la técnica, el rodamiento 134 de paso incluye un anillo exterior 136 de rodadura, un anillo interior 138 de rodadura, y elementos rodantes o rodamientos 140 dispuestos entre el anillo exterior 136 de rodadura y el anillo interior 138 de rodadura. En esta realización ejemplar no limitante, el anillo exterior 136 de rodadura está unido al cubo 110, por ejemplo, por medio de una pluralidad de sujeciones 142 tales como pernos o tornillos y tuercas; así mismo, el anillo interior 138 de rodadura está unido a la respectiva pala 108 de turbina, por ejemplo, por medio de una pluralidad de sujeciones 144 tales como pernos o tornillos y tuercas. En la técnica se conocen la estructura del rodamiento 134 de paso y cómo se conectan su anillo exterior 136 de rodadura y su anillo interior 138 de rodadura al cubo 110 y a la pala 108 de turbina, respectivamente, y, por lo tanto, no se expondrán aquí con mayor detalle. En algunas configuraciones, en lugar de usar un rodamiento de paso para conectar una pala de turbina a un rotor, la pala de turbina tiene dos secciones de pala que están conectadas entre sí por medio de un rodamiento de paso. La sección de pala interna de la pala de la turbina está fijada de forma estacionaria al rotor. En la presente solicitud, se usa el término "pala" también para referirse a la sección de pala externa de tal pala de turbina, y también se usa el término "rotor" para referirse al rotor y a la sección de pala interna en tales configuraciones.

En esta realización ejemplar no limitante, el anillo interior 138 de rodadura es a corona dentada que tiene una pluralidad de dientes 148 en su superficie perimétrica interna (Fig. 4). El rodamiento 134 de paso que incluye la corona dentada 138 y sus dientes 148 está fabricado, preferentemente, de una aleación, tal como una aleación que contenga Cr o Mo, tal como, por ejemplo, 17CrNiMo6 o 42CrMo4QT. El rodamiento 134 de paso tiene una dureza en el intervalo de 28 HRC a 58 HRC, preferentemente en el intervalo de 28 HRC a 34 HRC o de 48 HRC a 58 HRC.

Mediante esta disposición, una unidad 146 de transmisión de paso (mostrada en las Figuras 2 y 4) puede cambiar el paso de la pala 108 de turbina con respecto al cubo 110 en torno a su eje de paso B-B en respuesta a una señal de control procedente de la unidad 112 de control. Más específicamente, la unidad 146 de transmisión de paso, que puede montarse en el cubo 110 por medio de un par de abrazaderas 150 de montaje, incluye un motor reversible 152, una caja 154 de engranajes de reducción de la velocidad de rotación accionada por el motor 152 y dotada de un eje 156, y un engranaje o piñón 158 de transmisión coaxial con el eje 156 y dotado de dientes 160 que engrana con los dientes 148 de la corona dentada 138. La caja 154 de engranajes es opcional, ya que el motor 152 puede accionar directamente el engranaje 158 de transmisión.

El eje 156 y el engranaje 158 de transmisión pueden ser fabricados como un elemento de una sola pieza o como dos piezas separadas y conectadas después entre sí mediante medios adecuados. Por ejemplo, cuando el eje 156 y el engranaje 158 de transmisión son fabricados como dos piezas separadas, pueden conectarse entre sí de forma liberable por medio de al menos una placa de unión (no mostrada) que proporciona la restricción torsional/radial y por medio de al menos un tornillo (no mostrado) que proporciona la restricción axial. Las ventajas del uso de dos piezas separadas serán explicadas en lo que sigue.

El engranaje 158 de transmisión, incluyendo sus dientes 160, está fabricado preferentemente de una aleación, tal como una aleación que contenga Cr o Mo, tal como, por ejemplo, 17CrNiMo6 o 42CrMo4QT, y que tenga una dureza que no sea mayor que la dureza del rodamiento 134 de paso. En una realización ejemplar no limitante, la dureza de al menos los dientes 160 es sustancialmente igual que la dureza de los dientes 148 de la corona dentada 138. En otra realización, la dureza de al menos los dientes 160 es menor que la dureza de los dientes 148 de la corona dentada 138. En consecuencia, la corona dentada 134 ya no es la sufridera designada. Al contrario, el engranaje 158 de transmisión debería desgastarse antes que la corona dentada 134, porque sus dientes 160 se usan más a menudo que los dientes 148 de la corona dentada 134, porque, al menos durante algunas operaciones, el engranaje 158 de transmisión tendría normalmente una rotación mayor que la de la corona dentada 134 durante el funcionamiento. Al menos con esta disposición, el engranaje 158 de transmisión puede ser tratado como la sufridera. Esto proporciona algunas ventajas sustanciales. Por ejemplo, dado que el engranaje 158 de transmisión es la sufridera, es ahora posible sustituir el engranaje 158 de transmisión de forma regular. Debido a su tamaño y a su peso, el engranaje 158 de transmisión puede ser sustituido sin usar ninguna grúa ni dispositivo elevador cuando el engranaje 158 de transmisión y el eje 156/la caja 154 de engranajes son dos piezas separadas. Hasta cuando el engranaje 158 de transmisión y el eje 156/la caja 154 de engranajes son de un diseño en una sola pieza, pueden ser sustituidos usando una grúa asentada en el cubo. En otras palabras, no hace falta ninguna grúa relativamente grande, asentada en tierra firme o asentada en un navío, para sustituir el engranaje 158 de transmisión ni/o la caja 154 de engranajes según la presente divulgación. Este enfoque acorta sustancialmente el tiempo de sustitución, simplifica el procedimiento de sustitución y reduce los costes de sustitución.

Incluso cuando la dureza de los dientes 160 del engranaje 158 de transmisión sea diferente de la dureza de los dientes 148 de la corona dentada 138, puede usarse el mismo material para fabricar los dientes 160 y 148. En tales situaciones, se usarán diferentes tratamientos para lograr una dureza diferente. Por supuesto, cuando la dureza sea diferente, pueden usarse diferentes materiales para fabricar los dientes 160 y 148, respectivamente.

También puede usarse el mismo enfoque para mantener las turbinas eólicas existentes cuando los dientes del engranaje de transmisión son más duros que los dientes de la corona dentada. Más específicamente, en lugar de permitir que la corona dentada alcance el final de su vida operativa prevista y de sustituirla entonces con un nuevo rodamiento de paso, se puede sustituir el engranaje de transmisión cuando la corona dentada alcance un porcentaje predeterminado de su vida operativa prevista. A título de ejemplo, el porcentaje predeterminado podría ser cuando los dientes de la corona dentada pierdan aproximadamente entre el 40 por ciento y el 50 por ciento de su material. La pérdida puede determinarse mediante procedimientos conocidos, tal como la inspección visual. Preferentemente, los dientes del engranaje de transmisión de sustitución tienen una dureza que no es mayor que la de los dientes de la corona dentada. En una realización, la dureza de los dientes del engranaje de transmisión de sustitución es sustancialmente igual que la de los dientes de la corona dentada.

Así, aunque se han mostrado, descrito y señalado características novedosas fundamentales de la invención aplicadas a realizaciones ejemplares de la misma, se entenderá que los expertos en la técnica pueden efectuar diversas omisiones, sustituciones y cambios en la forma y en los detalles de los dispositivos ilustrados y en su operación sin apartarse del espíritu de la invención. Por ejemplo, en otra realización, el anillo exterior 136 de rodadura del rodamiento 134 de paso podría ser la corona dentada, y la unidad 146 de transmisión de paso podría estar montada en la respectiva pala 108. Así mismo, en otra realización adicional, el anillo interior de rodadura del rodamiento 133 de guiñada podría ser la corona dentada, y, en cambio, las unidades 124 de transmisión de guiñada podrían ser montadas en la torre 104. Además, los mismos enfoques inventivos pueden ser usados en los engranajes 125 de transmisión o para su sustitución por el rodamiento 133 de guiñada. Además, se pretende expresamente que todas las combinaciones de esos elementos y/o de esas etapas de procedimiento que lleven a cabo sustancialmente la misma función de sustancialmente la misma manera para lograr los mismos resultados estén dentro del alcance de la invención. además, debería reconocerse que las estructuras y/o los elementos y/o las etapas de procedimiento mostrados y/o descritos en conexión con cualquier forma o realización de la invención dadas a conocer puedan ser incorporados en cualquier otra forma o realización dada a conocer, descrita o sugerida como cuestión general de elección de diseño. Por lo tanto, la intención es que esté limitada únicamente según lo indicado por el alcance de las reivindicaciones adjuntas al presente documento.

Diversos aspectos y diversas realizaciones de la presente invención están definidos por los siguientes artículos numerados que no constituyen las reivindicaciones:

1. Un tren de engranajes que comprende:
 - un rodamiento que comprende un anillo interior de rodadura y un anillo exterior de rodadura, siendo uno del anillo interior de rodadura y del anillo exterior de rodadura una corona dentada que comprende una pluralidad de primeros dientes que tienen una primera dureza; y
 - un piñón que engrana con la corona dentada y que comprende una pluralidad de segundos dientes que tienen una segunda dureza,
 - en el que la segunda dureza no es mayor que la primera dureza.
2. El tren de engranajes del artículo 1 en el que los primeros dientes o los segundos dientes comprenden una aleación.
3. El tren de engranajes de cualquier artículo precedente en el que la aleación comprende 17CrNiMo6 o 42CrMo4QT.
4. El tren de engranajes de cualquier artículo precedente en el que la primera dureza está en el intervalo de 28 HRC a 58 HRC.
5. El tren de engranajes de cualquier artículo precedente en el que la segunda dureza es sustancialmente igual que la primera dureza.
6. Una turbina eólica que comprende:
 - un primer componente;
 - un segundo componente;
 - un rodamiento que comprende un anillo interior de rodadura y un anillo exterior de rodadura, siendo uno del anillo interior de rodadura y del anillo exterior de rodadura una corona dentada conectada a uno del primer componente y del segundo componente, comprendiendo la corona dentada una pluralidad de primeros dientes que tienen una primera dureza, estando conectado el otro del anillo interior de rodadura y del anillo exterior de rodadura al otro del primer componente y del segundo componente; y
 - una unidad de transmisión dispuesta de forma estacionaria con respecto al otro del primer componente y del segundo componente, comprendiendo la unidad de transmisión un engranaje de transmisión que engrana con la corona dentada y comprende una pluralidad de segundos dientes que tienen una segunda dureza,
 - en la que la segunda dureza no es mayor que la primera dureza.

7. La turbina eólica de cualquier artículo precedente en la que los primeros dientes o los segundos dientes comprenden una aleación.
8. La turbina eólica de cualquier artículo precedente en la que la aleación comprende Cr o Mo.
- 5 9. La turbina eólica de cualquier artículo precedente en la que la primera dureza está en el intervalo de 28 HRC a 58 HRC.
10. La turbina eólica de cualquier artículo precedente en la que la primera dureza está en el intervalo de 28 HRC a 34 HRC o de 48 HRC a 58 HRC.
11. La turbina eólica de cualquier artículo precedente en la que la unidad de transmisión comprende, además, una caja de engranajes que comprende un eje que es coaxial con el engranaje de transmisión.
- 10 12. La turbina eólica de cualquier artículo precedente en la que el engranaje de transmisión y el eje están fabricados como dos piezas separadas.
13. La turbina eólica de cualquier artículo precedente en la que el engranaje de transmisión y el eje están fabricados como un elemento de una sola pieza.
- 15 14. La turbina eólica de cualquier artículo precedente en la que el primer componente es un cubo de la turbina eólica, el segundo componente es una pala de la turbina eólica, y la unidad de transmisión comprende, además, un motor soportado por el cubo y conectado con transmisión al engranaje de transmisión.
15. La turbina eólica de cualquier artículo precedente en la que el primer componente es una torre de la turbina eólica y el segundo componente es una góndola de la turbina eólica y la unidad de transmisión comprende, además, un motor soportado por la góndola y conectado con transmisión al engranaje de transmisión.
- 20 16. La turbina eólica de cualquier artículo precedente en la que la segunda dureza es sustancialmente igual que la primera dureza.
- 25 17. Un procedimiento de mantenimiento de una turbina eólica, comprendiendo la turbina eólica un primer componente; un segundo componente; un rodamiento que comprende un anillo interior de rodadura y un anillo exterior de rodadura, siendo uno del anillo interior de rodadura y del anillo exterior de rodadura una corona dentada conectada a uno del primer componente y del segundo componente y que comprende una pluralidad de primeros dientes que tienen una primera dureza, estando conectado el otro del anillo interior de rodadura y del anillo exterior de rodadura al otro del primer componente y del segundo componente; y una unidad de transmisión dispuesta de forma estacionaria con respecto al otro del primer componente y del segundo componente, comprendiendo la unidad de transmisión un engranaje de transmisión que engrana con la corona dentada y comprende una pluralidad de segundos dientes que tienen una segunda dureza mayor que la primera dureza, comprendiendo el procedimiento:

sustituir el engranaje de transmisión con un engranaje de transmisión de sustitución que comprende terceros dientes que tienen una tercera dureza no mayor que la primera dureza cuando los primeros dientes de la corona dentada alcanzan un porcentaje predeterminado de su vida operativa prevista.
- 30 18. El procedimiento de cualquier artículo precedente en el que los primeros dientes de la corona dentada alcanzan el porcentaje predeterminado cuando los primeros dientes pierden aproximadamente el 50 por ciento de su material.
- 35 19. El procedimiento de cualquier artículo precedente en el que la primera dureza está en el intervalo de 28 HRC a 58 HRC.
- 40 20. El procedimiento de cualquier artículo precedente en el que la tercera dureza es sustancialmente igual que la primera dureza.

REIVINDICACIONES

1. Una turbina eólica (100) que comprende:
 - un primer componente;
 - un segundo componente;
 - 5 un rodamiento que comprende un anillo interior de rodadura y un anillo exterior de rodadura, siendo uno del anillo interior de rodadura y del anillo exterior de rodadura una corona dentada conectada a uno del primer componente y del segundo componente, comprendiendo la corona dentada una pluralidad de primeros dientes que tienen una primera dureza, estando conectado el otro del anillo interior de rodadura y del anillo exterior de rodadura al otro del primer componente y del segundo componente; y
 - 10 una unidad de transmisión (124, 146) dispuesta de forma estacionaria con respecto al otro del primer componente y del segundo componente, comprendiendo la unidad de transmisión (124, 146) un engranaje (125, 158) de transmisión que engrana con la corona dentada y comprende una pluralidad de segundos dientes que tienen una segunda dureza, **caracterizada porque**
 - 15 la segunda dureza no es mayor que la primera dureza, y en la que la primera dureza está en el intervalo de 28 HRC a 58 HRC.
2. La turbina eólica (100) de la reivindicación 1 en la que la unidad de transmisión (146) comprende, además, una caja (154) de engranajes que comprende un eje (156) que es coaxial con el engranaje (158) de transmisión.
3. La turbina eólica (100) de la reivindicación 2 en la que el engranaje (158) de transmisión y el eje (156) están fabricados como dos piezas separadas.
- 20 4. La turbina eólica (100) de la reivindicación 2 en la que el engranaje (158) de transmisión y el eje (156) están fabricados como un elemento de una sola pieza.
5. La turbina eólica (100) de cualquier reivindicación precedente en la que el primer componente es un cubo (110) de la turbina eólica (100), el segundo componente es una pala (108) de la turbina eólica (100) y la unidad (146) de transmisión comprende, además, un motor (152) soportado por el cubo (110) y conectado con transmisión al engranaje (158) de transmisión.
- 25 6. La turbina eólica (100) de cualquier reivindicación precedente en la que el primer componente es una torre (104) de la turbina eólica (100) y el segundo componente es una góndola (102) de la turbina eólica (100) y la unidad (124) de transmisión comprende, además, un motor soportado por la góndola (102) y conectado con transmisión al engranaje (125) de transmisión.
- 30 7. Un procedimiento de mantenimiento de una turbina eólica (100), comprendiendo la turbina eólica (100) un primer componente; un segundo componente; un rodamiento que comprende un anillo interior de rodadura y un anillo exterior de rodadura, siendo uno del anillo interior de rodadura y del anillo exterior de rodadura una corona dentada conectada a uno del primer componente y del segundo componente y que comprende una pluralidad de primeros dientes que tienen una primera dureza, estando conectado el otro del anillo interior de rodadura y del anillo exterior de rodadura al otro del primer componente y del segundo componente; y una unidad de transmisión (124, 146) dispuesta de forma estacionaria con respecto al otro del primer componente y del segundo componente, comprendiendo la unidad de transmisión (124, 146) un engranaje (125, 158) de transmisión que engrana con la corona dentada y comprende una pluralidad de segundos dientes que tienen una segunda dureza mayor que la primera dureza, y en la que la primera dureza está en el intervalo de 28 HRC a 58 HRC, comprendiendo el procedimiento:
 - sustituir el engranaje de transmisión con un engranaje de transmisión de sustitución que comprende
 - terceros dientes que tienen una tercera dureza no mayor que la primera dureza cuando los primeros dientes
 - de la corona dentada alcanzan un porcentaje predeterminado de su vida operativa prevista.
- 35 40 8. El procedimiento de la reivindicación 7 en el que los primeros dientes de la corona dentada alcanzan el porcentaje predeterminado cuando los primeros dientes pierden aproximadamente el 50 por ciento de su material.
- 45

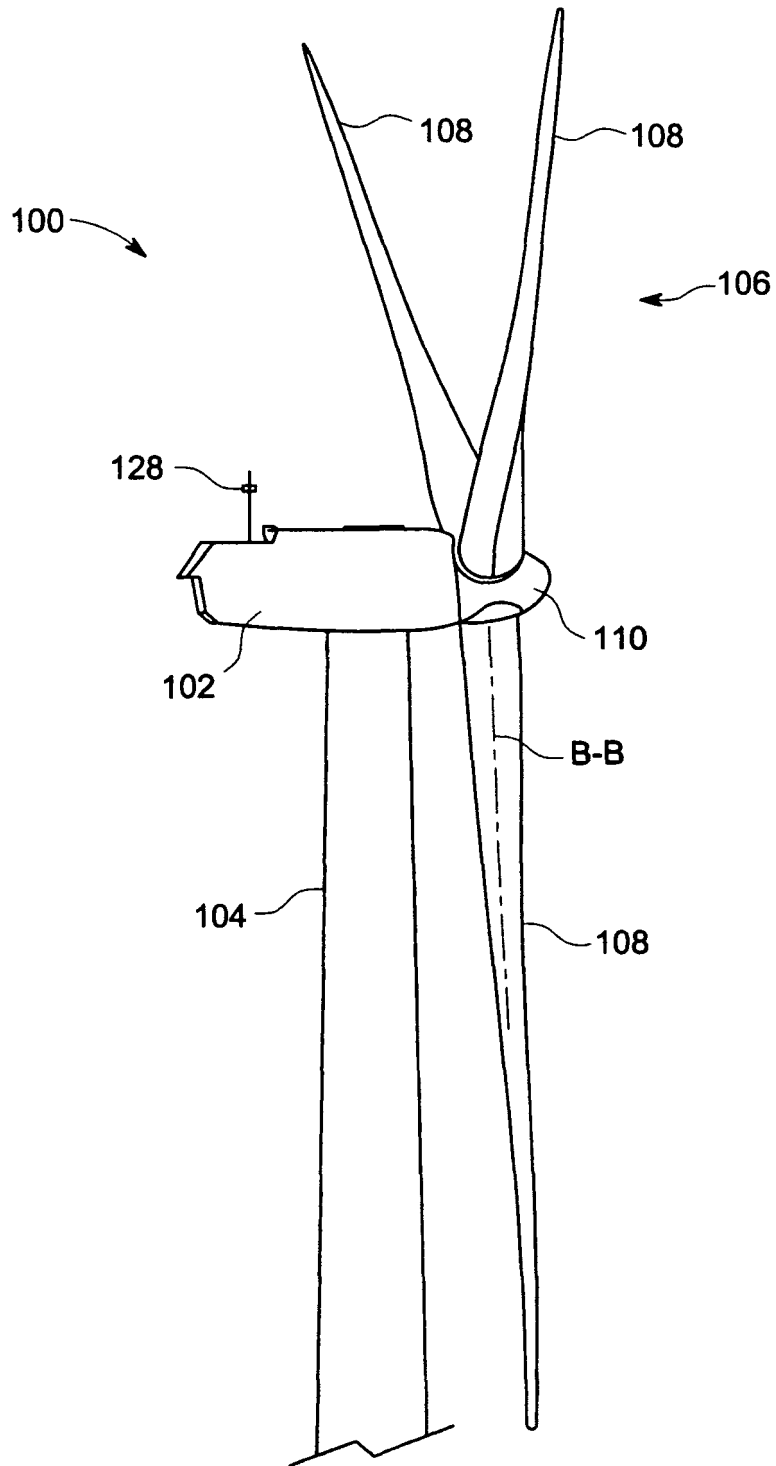


FIG. 1

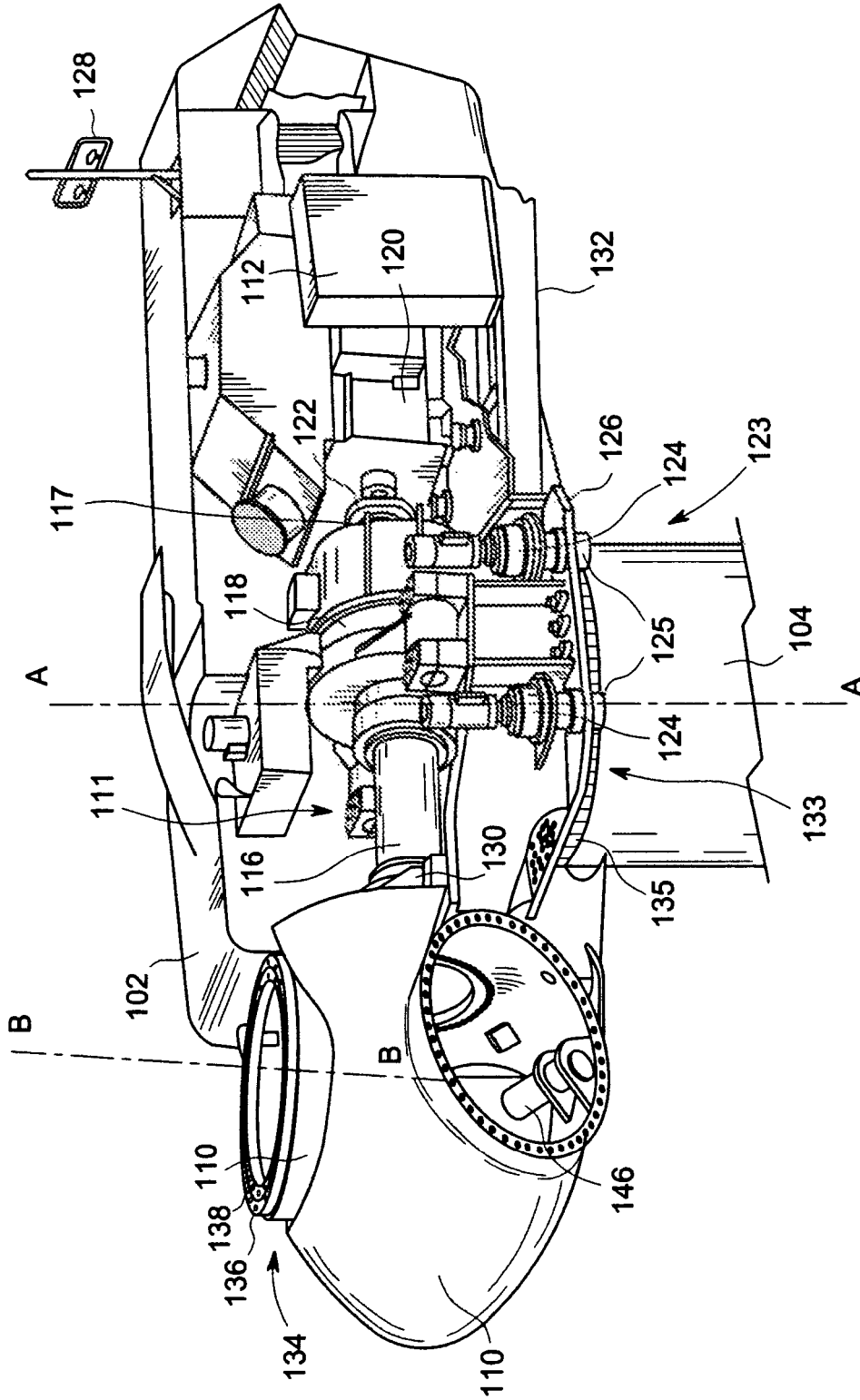


FIG. 2

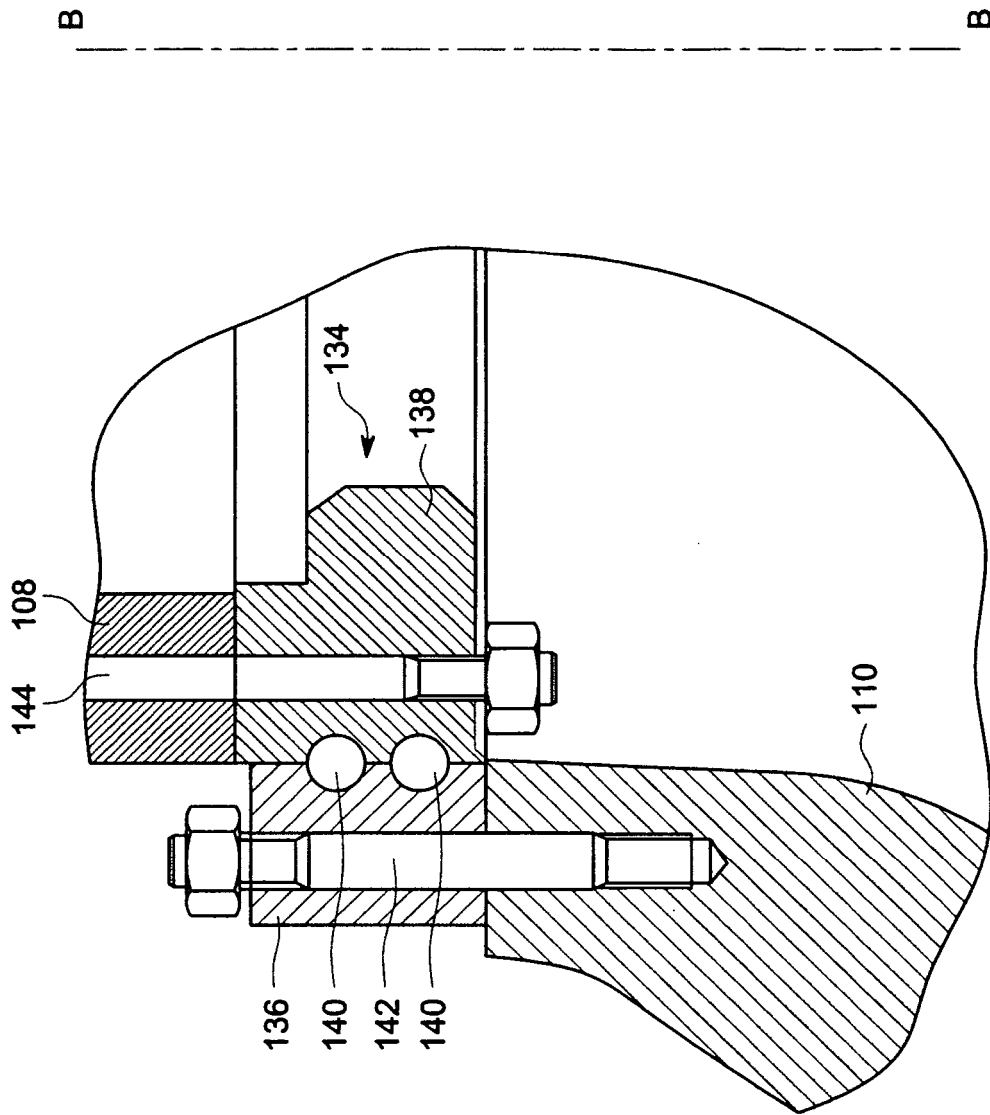


FIG. 3

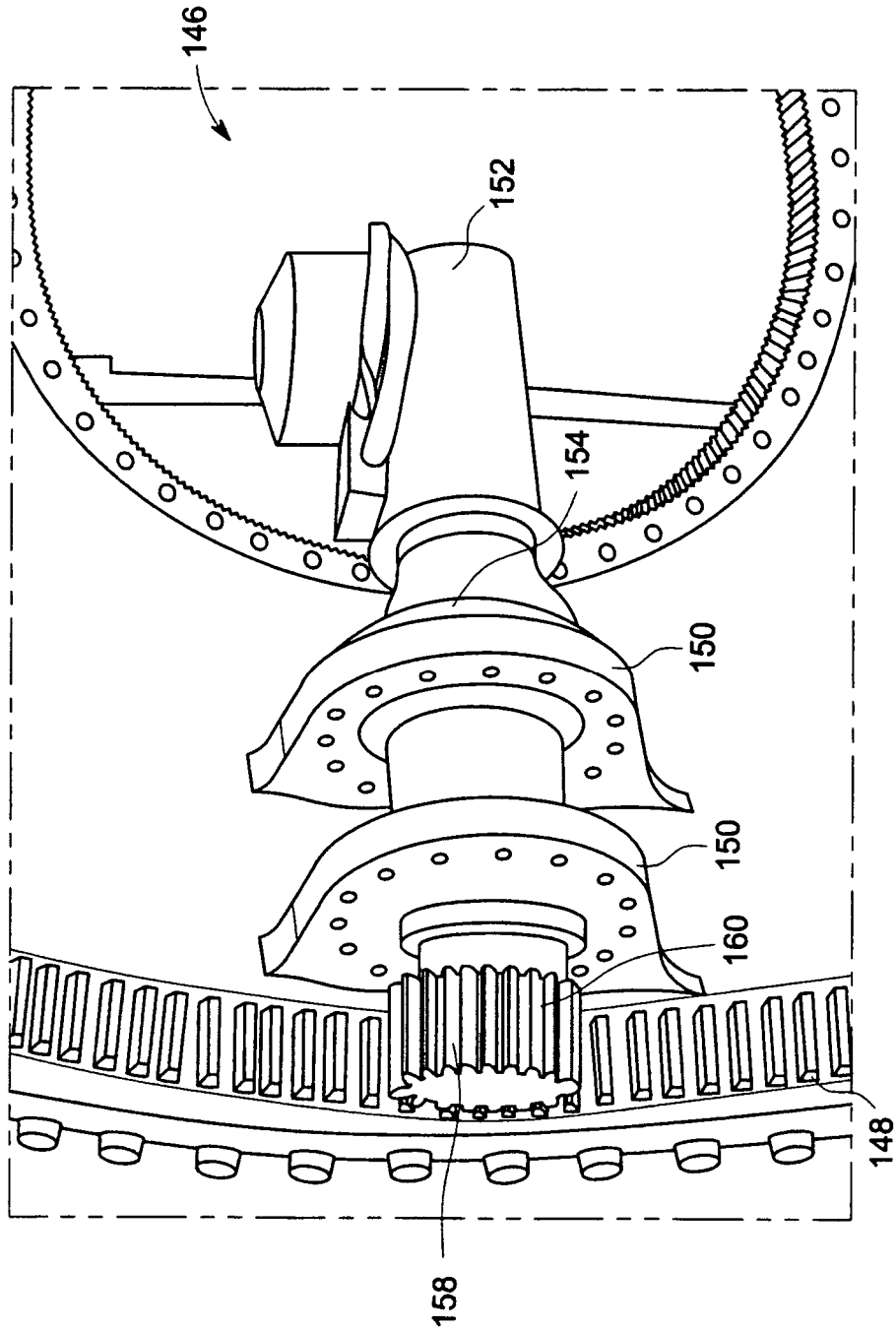


FIG. 4

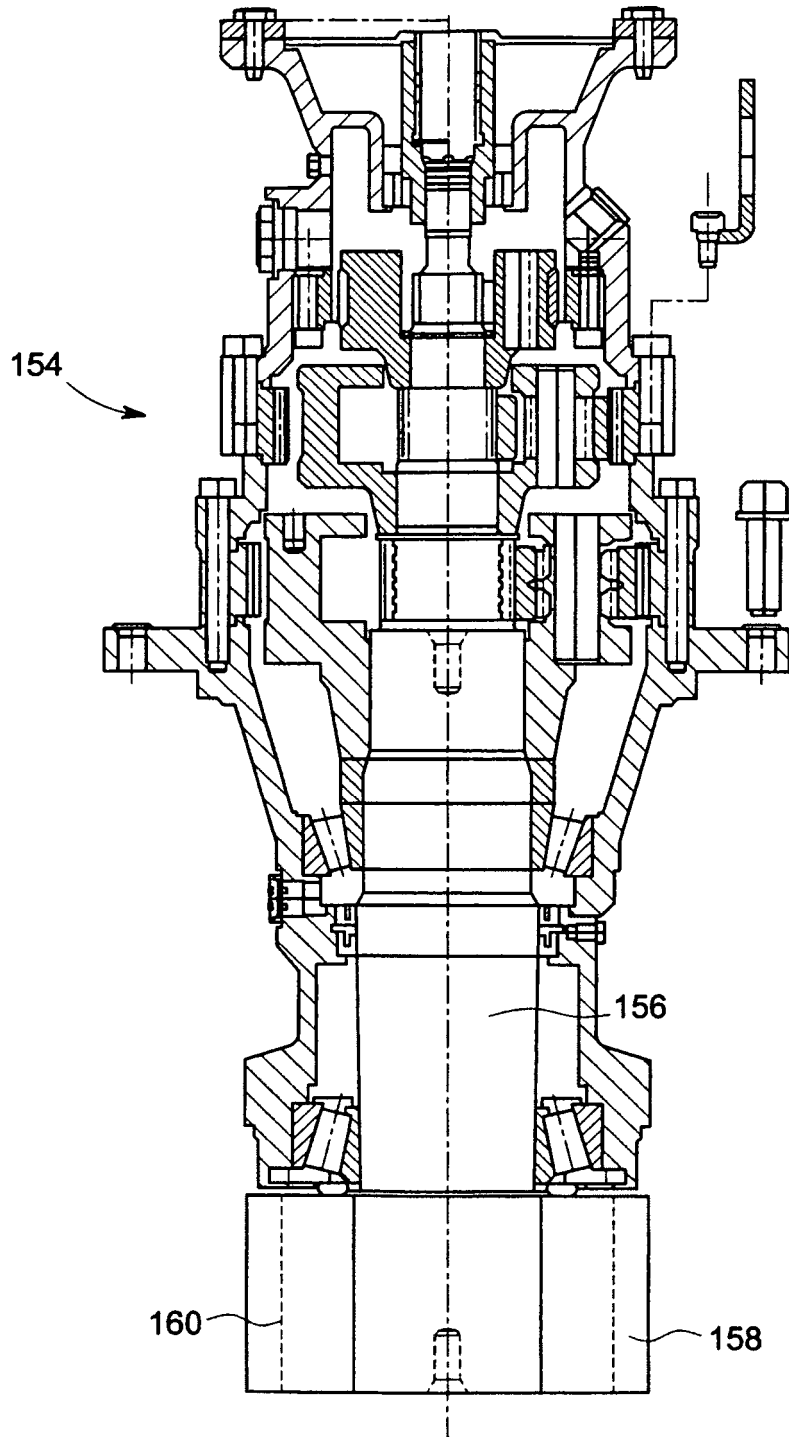


FIG. 5